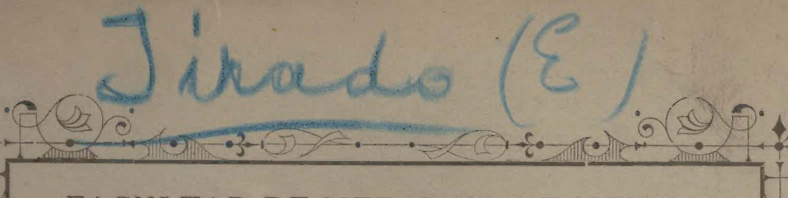


FACULTAD DE MEDICINA DE MEXICO.

BREVES APUNTES

SOBRE

ELECTROTERAPIA

PRESENTADOS

ANTE EL JURADO CALIFICADOR

EN EL EXAMEN GENERAL DE

MEDICINA, CIRUJIA Y OBSTETRICIA

POR

ESTEBAN TIRADO

ALUMNO DE LA ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA Y DE LA ESCUELA NACIONAL DE MEDICINA DE MEXICO



MÉXICO
EDUARDO DUBLAN Y COMP. IMPRESORES.
Coliseo Viejo, bajos de la Gran Sociedad

1887

Sr. Dr. José M. Bandera
Presente

FACULTAD DE MEDICINA DE MEXICO.

BREVES APUNTES

SOBRE

ELECTROTERAPIA

PRESENTADOS

ANTE EL JURADO CALIFICADOR

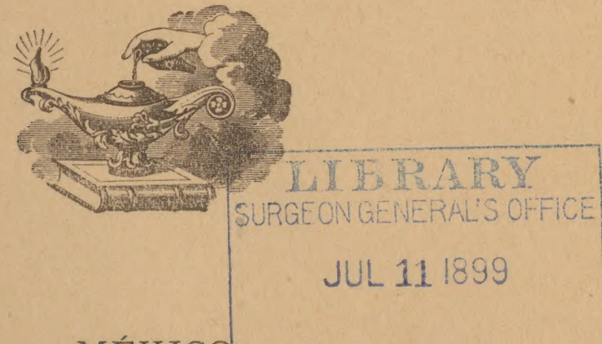
EN EL EXAMEN GENERAL DE

MEDICINA, CIRUJIA Y OBSTETRICIA

POR

ESTEBAN TIRADO

ALUMNO DE LA ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA Y DE LA ESCUELA NACIONÁL DE MEDICINA DE MEXICO



MÉXICO

EDUARDO DUBLAN Y COMP. IMPRESORES.

Coliseo Viejo, bajos de la Gran Sociedad

1887



A LA MEMORIA

DE

MIS PADRES

A MIS HERMANOS



Al Sr. Dr.

MANUEL CARMONA Y VALLE

Al Sr. General de Brigada

JOSE COSSIO PONTONES

A MIS BUENOS AMIGOS Y COMPAÑEROS

LOS DRES.

MANUEL DE LA FUENTE Y MANUEL BARREIRO

INTRODUCCION.

SIENDO tantos y tan importantes los asuntos que se presentan en medicina para ser objeto de un estudio detenido, no parece que haya dificultad para elegir uno de ellos, siquiera sea para obtener, bajo una forma conveniente, las ideas que, sobre un punto determinado, se encuentran diseminadas en diversas obras y publicaciones científicas. Pero si se toman en consideracion todos los obstáculos que hay que allanar y las múltiples exigencias que se tienen que satisfacer para alcanzar ese objeto, con la circunstancia de que todas estas dificultades crecen á medida que son más débiles las fuerzas del que pretende llevar á cabo tal empeño, habrá que convenir en que la empresa es árdua, á pesar del trabajo y actividad que en ella se desplieguen.

Penetrado de estas razones y convencido íntimamente de la veracidad de todas ellas, nos propusimos buscar en la terapéutica un punto que esté al alcance de nuestros limitados recursos.

Nos hemos fijado en ese agente físico que, de hace algunos años á esta parte, ha estado llamando la atencion del mundo sabio, y que cada dia ensancha más el campo de sus aplicaciones, haciéndonos conocer, bajo numerosos y variados aspectos, un poderoso manantial de fuerza que habia permanecido latente. En efecto, la electricidad habia quedado para nosotros en la categoría de una adquisicion científica sin aplicacion, y sus principios y leyes no habian traspasado todavía los límites de la ciencia para convertirse en preceptos de algun arte verdaderamente importante. Pues aunque la galvanoplastía pudiera presentarse como el primer paso dado en este sentido, tan imperfecta fué esta aplicacion en su principio que, con verdad pudiéramos decir, que hasta estos últimos años ha llegado á tomar las proporciones de un arte. Ahora es cuando se ha venido á conocer toda la importancia que en la industria pueden tener los fenómenos electrolíticos, al grado que, no seria muy aventurado decir, que de esta sola propiedad de la corriente eléctrica, tendremos que ver surgir útiles modificaciones en el arte.

A la par que la industria, tambien la medicina se ha presentado pidiendo á la electricidad la solucion de algunos problemas, que solo habian quedado planteados y que entrañan importantísimos principios de terapéutica. Y el resultado de tal demanda ha sido más satisfactorio de lo que se pudiera prever, pues que la Electroterapia se ha enriquecido con importantes principios y magníficos aparatos para manejar la electricidad, de manera que se pueda administrar en la *dósis* y *calidad* que exija el estado patológico que se trate.

Esto no quiere decir, indudablemente, que el problema de la aplicacion de la electricidad á la medicina esté resuelto; únicamente se ha propuesto y cada dia se hacen nuevas conquistas en este terreno.

Al Congreso Internacional de electricistas y á la Exposicion de Paris, debe la electrología los principales adelantos que ha realizado. Se poseen ahora unidades precisas, inva-

riables para medir la energía, á la vez que aparatos muy sencillos que reducen la operacion á una simple lectura, poniéndonos en aptitud de poder cuantificar la corriente eléctrica.

El mismo procedimiento que sigue el clínico á la cabecera del enfermo para llenar las indicaciones que se le presentan, tendrá que observar cuando tenga que valerse de la electricidad como agente terapéutico. Si en el primer caso elige un medicamento entre todos aquellos que fueran apropiados para conseguir el efecto que desea, y una vez determinada la *calidad* de su medicina, fija la *cantidad* y la *forma* en que debe usarse, dadas las condiciones del caso, cuando se trate de una indicacion electroterápica habrá que pensar tambien en la calidad del agente, en la cantidad y en la forma en que deba hacerse la aplicacion. Proceder de otra manera y usar la electricidad sin preocuparse de estas condiciones, es decir, de si ha de emplearse la electricidad estática ó dinámica, y dado caso que ésta sea, sin indicar si la corriente ha de ser contínua ó interrumpida, ni fijar la intensidad, la direccion ni la tension de este agente, equivaldria, en nuestro humilde concepto, á aconsejar al enfermo el uso de una medicina, dejando á la casualidad que determinara la dósis y forma del medicamento.

Así es que, para el punto de vista en que nos hemos colocado, creemos que el mejor método de exposicion que se debe seguir es, con ligeras variantes, el mismo que han seguido los terapeutas en la descripcion de un medicamento.

Primeramente nos ocuparemos de las propiedades físicas de la electricidad, analizando rápidamente las que pertenecen á este agente en su forma estática y las que presenta en la dinámica.

En segundo lugar nos ocuparemos de los manantiales de esta fuerza bajo sus dos aspectos; ó lo que es lo mismo, describiremos someramente las máquinas electro-estáticas y las pilas que más empleadas sean en medicina.

En el tercer capítulo procuraremos apuntar los principios y fenómenos más importantes de electro-fisiología, á fin de

estar bien preparados para el estudio de la Electroterapia, que formará el asunto del cuarto y último capítulo.

Si el éxito corresponde á nuestros esfuerzos, tendremos la inmensa satisfaccion de haber presentado, en una forma metódica, las últimas adquisiciones que se han hecho en Electroterapia.

CAPITULO I.

PROPIEDADES FISICAS Y UNIDADES ELECTRICAS.

La electricidad no es mas que una manifestacion especial del movimiento, de la misma manera que la luz, el calor, etc. Segun el principio de la unidad de las fuerzas físicas, que es la hipótesis que reina en la ciencia para la explicacion de todos esos fenómenos, no hay un agente luz, un agente calor, etc., sino únicamente *modos de movimiento* que, en razon de su manera de ser especial, impresionan de diverso modo nuestros sentidos; en una palabra, todos estos fenómenos no son mas que efectos de una sola causa: el movimiento.

Pero para darnos cuenta de esta fuerza es necesario admitir la existencia del *éter* en todos los espacios inter-moleculares é inter-atómicos; este fluido es el que por sus vibraciones da nacimiento á los fenómenos caloríficos, luminosos y actínicos, dependiendo directamente cada uno de ellos de la longitud de la ondulacion. En un cuerpo sometido gradualmente á la accion del calor, se nota primero la elevacion de la temperatura; si ésta aumenta, el cuerpo comienza á hacerse luminoso hasta llegar á producir una luz vivísima, como sucede en un alambre de platino por el que circula una corriente eléctrica intensa. En este experimento ha sido el éter el que ha entrado en movimiento vibratorio,

para ir originando esta série de fenómenos, segun que la longitud de la ondulacion ha ido decreciendo.

Para explicar los fenómenos eléctricos, los físicos suponian primero la existencia de un fluido especial imponderable, obrando por repulsion sobre sus propias moléculas y por atraccion sobre las de la materia. A todo cuerpo se le consideraba dotado de una cantidad determinada de este fluido, y segun que aumentara ó disminuyera, apareceria electrizado positiva ó negativamente. El triunfo de esta hipótesis se debió principalmente á la explicacion que dió Franklin de la botella de Leyden, fundándose en la existencia de un solo fluido: sin embargo, pronto surgieron objeciones sérias, que los físicos no pudieron resolver, y comenzó á ser sustituida por la teoría de Symmer que admitia dos fluidos. Cuando están combinados determinan en los cuerpos lo que se ha llamado estado neutro; mas por cualquier causa, por el frotamiento principalmente se separan, entónces quedan electrizados un cuerpo positivamente y el otro negativamente.

En la actualidad se supone que estos fenómenos son debidos á la condensacion y rarefaccion del éter. En el primer caso se manifiestan las propiedades que se atribuian al fluido positivo; en el segundo las del negativo. Ahora bien, como el tecnicismo de la electrología obedece á la hipótesis antigua de un fluido especial, para no variar los términos admitidos ya en la ciencia para designar esta clase de fenómenos, bastará, una vez por todas, tener presente la significacion que les corresponde en la teoría moderna de la correlacion de las fuerzas. De esta manera no solo se evita una innovacion en la terminología, sino que tambien se simplifica extraordinariamente la explicacion de los fenómenos que vamos á estudiar.

La electricidad estática la podremos considerar como la manifestacion del fluido eléctrico en el *estado de reposo*, y la dinámica como cuando se halla en *movimiento*. Para nosotros siempre serán dos modos bajo los cuales se puede ma-

nifestar la energía, pero nunca podremos considerarlos como enteramente diferentes, como algunos autores lo sostienen. Y para la demostracion de este error, bastará colocarse en un punto de vista conveniente para comprender que todo depende de las condiciones en que se halle el fenómeno.

Sea cual fuere la causa de los fenómenos eléctricos, el hecho es que nosotros solo conocemos los efectos que producen, sea en la forma estática, sea en la dinámica; de suerte que uno de los caminos que pudiéramos seguir para probar su identidad, seria producir con una y otra los mismos fenómenos. Así por ejemplo, es un hecho perfectamente conocido que la corriente de una pila tanto puede descomponer el agua de un voltámetro, como desviar la aguja de un galvanómetro; pues si ponemos un conductor de una máquina electro-estática en comunicacion con uno de los *límites* del voltámetro, y el otro con el suelo, veremos que el agua se descompone, lo mismo que habriamos visto la desviacion de la aguja dándole una disposicion semejante al experimento anterior. Aquí hemos visto determinados por la electricidad estática, efectos que estamos acostumbrados á producir por la electricidad dinámica. Ahora, si nos valemos del lectrómetro condensador de Volta, puesto en comunicacion con los reóforos de una pila, de manera que un polo esté en conexion con el platillo superior y el otro con el inferior, podremos demostrar que la electricidad dinámica tambien puede acumularse en un punto dado y quedar en el estado de reposo, dando orígen á las manifestaciones especiales de la electricidad estática. Separando bruscamente los platillos del electrómetro se verán diverger las hojillas de oropel, de la misma manera que si se hubiere cargado el aparato con electricidad estática.

Si en la generalidad de los casos se nos manifiestan de diferente modo estos dos órdenes de fenómenos, no dependen de que sean esencialmente distintos, sino de las condiciones en que se encuentra el éter en cada caso.

La *cantidad* y la *tension* vienen á ser en realidad la causa de esta diferencia. Pero para dejar asentada la significacion precisa de estos términos, es necesario fijar ántes la de otro no ménos importante.

Se ha convenido en llamar *fuerza electro-motriz* á esa especie de resistencia que hay en todo cuerpo electrizado, para volver al estado de equilibrio que tenia ántes de serlo; ó bien, á la fuerza que lucha contra el restablecimiento del equilibrio entre las masas de éter puestas en movimiento.

Por *tension* debemos entender la energía con la cual tiende la electricidad á desprenderse de su manantial.

Para tener una nocion clara de lo que se entiende en electrología por *cantidad*, es mejor tomar un caso concreto y analizarlo, que no intentar una definicion abstracta. Supongamos que la accion química en una pila, ha originado la corriente eléctrica cuyas propiedades vamos á examinar. Desde el momento en que principie la reaccion entre el líquido excitador de la pila y el metal activo ó atacable, comenzará tambien el desprendimiento de electricidad, y miéntras más intensa sea la accion química mayor será la *cantidad* de electricidad que se desarrolle. En efecto, la experiencia ha probado que por cada equivalente de zinc que se quema en una pila, se desprende una *cantidad* de electricidad suficiente para producir, en un electrólito, un equivalente de hidrógeno.

Una vez conocidas estas propiedades del fluido eléctrico, ya podemos saber las razones en que estriba la diferencia entre la electricidad estática y la electricidad dinámica.

En las pilas la porcion de electricidad que se desprende es tanto más grande, miéntras mayor es la superficie de metal activo, pero la tension es muy débil; en las máquinas electro-estáticas, al contrario, la cantidad de electricidad es pequeña y su tension muy considerable. Por este motivo los efectos mecánicos de la electricidad desarrollada en una máquina electro-estática son tan violentos; en ellos se necesita, no tanto una gran cantidad de electricidad, pero sí

que posea una gran tension. Las pilas son aparatos de débil tension pero que producen notable cantidad de electricidad.

Conocidas estas propiedades, que pudiéramos llamar esenciales, de la energía en sus manifestaciones eléctricas, vamos á ocuparnos de la cuantificacion del fluido eléctrico, á fin de poder estar en condiciones de manejarlo de la misma manera que si se tratara de la administracion de cualquier sustancia medicinal.

Por unidad de la *fuerza electro-motriz* se ha tomado la que existe en un elemento Daniell de sulfato de cobre; esta unidad se ha llamado *volt.*

La *resistencia* es la energía pasiva que ofrece un cuerpo para dejarse atravesar por el fluido eléctrico. La unidad de resistencia se llama *ohm* y es igual á la que ofreceria un conductor formado por una columna de mercurio de un metro de longitud por un milímetro cuadrado de seccion.

Miéntras mayor es la resistencia de un conductor, menor será la cantidad de electricidad que pase y tambien menor será su rapidez; inversamente, si la fuerza electro-motriz es considerable, la cantidad de electricidad que atraviese un conductor será mayor, así como la rapidez de la corriente. Si suponemos que una corriente eléctrica de la energía 1 *volt,* atraviesa un conductor de 1 *ohm* de resistencia, la *intensidad* que esta corriente tenga es precisamente la que se ha tomado por unidad, Esta unidad de intensidad se ha llamado Ampére; pero como para las aplicaciones médicas de la electricidad resultaria muy intensa, se ha convenido en dividir el Ampére en mil partes para la graduacion de los instrumentos, llamando á cada una de ellas *milliampére.*

Ahora que ya conocemos las unidades de fuerza electromotriz, de resistencia y de intensidad, nos será más fácil comprender lo que es *cantidad* en electricidad y la manera de fijar la unidad.

Si por un momento suponemos que un conductor formado de mercurio, de un metro de longitud y un milímetro cua-

drado de seccion, es atravesado por una corriente de un elemento de Daniell, con la intensidad de un ampére, *en un segundo*, la *cantidad* de electricidad que haya pasado será igual á la *unidad;* es decir, á un *Coulomb*, como se le ha designado.

Hemos tenido que detenernos en estas consideraciones, tanto porque sin ellas no nos seria posible la cuantificacion precisa de la electricidad, cuanto porque en el curso de nuestro estudio tendremos que hacer mencion de estas unidades.

Rápidamente hemos apuntado las propiedades que fundamentalmente presenta el fluido eléctrico en sus formas estática y dinámica; debemos consagrar nuestra atencion despues, á la generacion de esta fuerza en las máquinas electroestáticas y en las pilas y aparatos de induccion.

CAPITULO II.

ELECTROGENESIS.

Toda accion mecánica, el frotamiento, la conmocion violenta, la exfoliacion, la presion, etc., ejercida sobre un cuerpo, determina una modificacion en el agrupamiento molecular, de donde resulta el desprendimiento de una cantidad más ó ménos grande de electricidad.

Cuando el cuerpo electrizado conduce bien el fluido eléctrico y no está aislado, se va inmediatamente á la tierra, y por consiguiente no se hacen perceptibles los fenómenos que dependen de la acumulacion del fluido en un punto, que es lo que se necesita para que haya tension; si el cuerpo es mal conductor, entónces la electricidad queda por algun tiempo en el lugar en que se desarrolló, en razon de la dificul-

tad que hay para que el equilibrio se restablezca con prontitud.

De todos los medios mecánicos que pudieran emplearse para desarrollar la electricidad, el más empleado en las máquinas electro-estáticas es el frotamiento; pero hay tambien otro procedimiento que á su fácil ejecucion reune la circunstancia de darnos este fluido en mayor cantidad: la induccion ó electrizacion por influencia.

Este fenómeno se produce siempre que un cuerpo electrizado obra sobre otro, electrizándolo á distancia; pero en condiciones tales que, el espacio que los separe, ni sea suficientemente chico para que se verifique la recomposicion de las dos electricidades de signo contrario que se acumulan en los cuerpos puestos en presencia, ni sea tan grande que la electricidad del uno no pueda tener influencia sobre el estado del otro.

En la descripcion de las máquinas electro-estáticas, podemos adoptar como base de clasificacion la manera como se origina la electricidad en cada una de ellas. Así tendremos tres sistemas principales: máquinas de frotamiento, máquinas de induccion y mixtas, segun que el frotamiento, la electrizacion por influencia ó la combinacion de estas acciones sean las que determinen el desprendimiento del fluido eléctrico.

La máquina de Ramsdem es el tipo de las del primer sistema. Está construida por un disco de vidrio que gira entre cuatro cojines colocados de dos en dos en las extremidades de uno de sus diámetros; el frotamiento que éstos producen sobre aquel, hace que el vidrio se cargue de electricidad positiva, y miéntras que la de signo contrario es rechazada, por intermedio de un conductor, para la tierra, la positiva obra por induccion sobre la electricidad de las puntas metálicas que se hallan en conexion con dos gruesos cilindros, tambien metálicos y aislados perfectamente; estos son los conductores de la máquina, y en ellos es donde se acumula la electricidad *vitria*, hasta que adquiere la suficien-

te tension para manifestarse bajo la forma de chispas. De suerte que si el frotamiento electriza el disco de vidrio *positivamente*, este fluido obra por induccion sobre los conductores metálicos, atrae la electricidad *negativa*, que se escurre por las puntas, neutralizando la del vidrio, y rechaza la *positiva* hácia el otro extremo de los cilindros, en donde se nos manifiesta por la tension que adquiere.

Para los usos médicos es preferible tener modelos de este sistema, pero bajo la condicion de que los conductores sean relativamente pequeños, porque así se tendrán efectos de tension sin los de cantidad que pueden ser perjudiciales.

La máquina de Nairne tiene el mismo fundamento que la anterior; únicamente difiere por la circunstancia de que en aquella se pueden utilizar las dos electricidades. Se compone de un gran cilindro de vidrio, colocado horizontalmente, y al cual se puede imprimir un movimiento de rotacion al rededor de su eje; paralelamente al cilindro, se hallan otros dos metálicos, que vienen á ser los conductores de la máquina; uno de ellos está en conexion con un cojin que frota sobre el cilindro de vidrio cuando gira; el otro está provisto de un peine cuyas puntas se hallan vueltas hácia la superficie del cilindro móvil, y por último, en una de las extremidades de cada conductor hay unos arcos de metal que rematan en unas pequeñas esferas entre las cuales brota la chispa.

Cuando se pone en movimiento el cilindro de vidrio, se carga de electricidad positiva, y el cojin de electricidad negativa, lo mismo que el conductor que está en conexion con él; cuando la parte del cilindro de vidrio, electrizada positivamente, llega á influenciar el otro conductor, atrae la negativa, que se escurre por las puntas y neutraliza la del vidrio, como vimos en la máquina de Ramsdem, y rechaza la positiva que se va á acumular en el conductor correspondiente, hasta que la tension es suficiente para determinar una descarga entre las esferas de los arcos metálicos.

Ahora no tiene importancia esta máquina, porque sin ne-

cesidad de ella se pueden emplear las dos electricidades, ó una de ellas solamente, por medio de otros aparatos más sencillos.

MAQUINAS DE INDUCCION.—La de Holtz está constituida fundamentalmente por un disco de vidrio que gira entre un sistema de peines y otro disco de vidrio provisto de dos ventanas, cuya situacion corresponde á la de los peines; en la parte superior de estas ventanas hay unas bandas de papel terminadas por unas lengüetas, que sirven para cargar la máquina al principio y sostener la induccion miéntras funcione el aparato; los peines están unidos á unos conductores metálicos que rematan en unas esferas entre las cuales brotan las chispas cuando la tension ha alcanzado el grado conveniente.

Para más detalles de construccion, y sobre todo, para el exámen de la teoría que explica el funcionamiento de este ingenioso aparato, enviamos al lector á los tratados especiales, tanto porque seria inconveniente detenernos en este punto, cuanto porque es muy poco usado en electroterapía.

Son tales los requisitos que se necesitan para el uso de este aparato, que casi no se puede emplear. Primeramente, que la atmósfera que le rodee ha de estar perfectamente seca, para lo cual es necesario tenerla bajo una caja de vidrio y desecar el aire con sustancias higrométricas; por otra parte, la caja debe permitir el renovamiento del aire, porque si no, se disminuiria el rendimiento de la máquina á causa del *ozono* que la rodeara.

La modificacion que Andriveau le ha hecho no la priva de estos inconvenientes, así como tampoco carece de ellos el modelo conocido con el nombre de Holtz–Carré; por manera que, este manantial de electricidad no puede formar parte mas que de un gabinete de física, pero no de un arsenal electroterápico.

La máquina mixta de Carré llena mucho mejor las condiciones que se exigen en esta clase de aparatos. Fundamentalmente se compone de un disco de vidrio que gira

entre dos cojines, cuyo frotamiento engendra la electricidad en el disco; otro disco de ebonita gira junto al primero y enfrente de dos peines metálicos que son los que, electrizándose por *influencia*, cargan la máquina. La electricidad desarrollada se acumula en un grueso conductor metálico y otro delgado terminado por una esfera de laton.

Para las aplicaciones médicas se puede usar el modelo mediano que es el que satisface todas las condiciones que son necesarias, sin peligro ninguno, como pudiera haber con el modelo grande. Además, esta máquina funciona en todo tiempo, sin necesidad de rodearla de precauciones especiales, con la circunstancia de no ser tan frágil como la de Holtz, ni tan voluminosa como la de Ramsdem.

Hasta aquí nos hemos ocupado de los aparatos en que se desarrolla la electricidad con las propiedades que posee bajo la forma *estática*, es decir, hemos visto que el fluido eléctrico en estos aparatos solo se manifiesta cuando ha adquirido una gran tension, aun cuando la cantidad sea pequeña; ahora vamos á examinar aquellos en que la energia eléctrica se nos presenta bajo la forma *dinámica* ó en movimiento.

En estos aparatos ya no es una accion física sino química la que da nacimiento á la electricidad; de manera que, fundamentalmente, podemos decir que todo *elemento de pila* debe estar constituido por un cuerpo susceptible de ser *atacado* por un líquido ú otro cuerpo cualquiera que tenga accion química sobre el primero, y por otro cuerpo que pueda recoger la electricidad del líquido ó de la sustancia que ocupa su lugar. El cuerpo *atacado* es el polvo *negativo*, y el *positivo* el que recoge y conduce la electricidad que se desarrolla en el que *ataca*. La reunion de varios elementos forma una pila.

Antes de entrar en la descripcion de los principales sistemas de pilas que pueden convenir á los usos médicos, nos detendremos en la teoría que explica la produccion de la electricidad en estos aparatos.

Para mayor claridad, supongamos un *par* constituido por zinc y cobre, y como líquido excitante, el agua acidulada con ácido sulfúrico. Miéntras no haya conexion entre los metales, por intermedio de un hilo conductor, la electricidad que se desprenda en virtud de la accion química, irá acumulándose en ellos hasta que la fuerza electro-motriz sea equilibrada por la tension; ahora bien, si por medio de un conductor ponemos en comunicacion el zinc con el cobre, las electricidades de signo contrario que se habian acumulado en estos metales se recomponen, el equilibrio se destruye, y la accion química los estará cargando de electricidad miéntras las cosas permanezcan en tal estado, siendo el zinc, que es el metal activo, el *polo negativo*, y el cobre que no es atacado por el ácido sulfúrico á la temperatura ordinaria, el *polo positivo*. En general, podemos decir que la fuerza electro-motriz de una pila será tanto más grande, miéntras mayor sea la *diferencia de potencial* entre los cuerpos que forman cada par.

Si se trata, ya no de un par sino de una série de elementos dispuestos de manera que el polo negativo de uno esté en conexion con el polo positivo del siguiente, la accion química, siendo la misma que ántes en cada elemento, la fuerza electro-motriz tambien quedará igual, así como la densidad eléctrica; pero superponiéndose éste de un par al siguiente, tendremos una *tension* final en proporcion al número de elementos que entren en la série.

La accion química da nacimiento á una *fuerza electro-motriz* invariable para el material de cada par, y proporcional al número de elementos cuando la pila está armada en série, es decir, el polo negativo de uno con el polo positivo del siguiente.

La resistencia que un conductor opone al paso de la corriente, está en razon directa de su longitud é inversa de su seccion; ó bien, la conductibilidad de un conductor cualquiera está en razon inversa de su longitud y directa de su

seccion, teniendo en cuenta, por supuesto, el coeficiente de conductibilidad que corresponde á cada cuerpo.

Pero como en un circuito no solo tenemos que considerar la parte de él que es exterior á la pila, sino tambien la que está comprendida en el interior de ésta, una vez que conocemos cómo es la resistencia exterior, debemos apuntar las condiciones en que se verifica la circulacion del fluido eléctrico en el interior de cada elemento, bajo el punto de vista de la resistencia.

Si en la masa del líquido aislamos imaginariamente la porcion que queda comprendida entre las dos láminas metálicas que constituyen un par, tendremos así la *seccion del conductor que las une en el interior de la pila*, para poder apreciar cómo varia la resistencia.

En una pila pequeña la resistencia será muy grande, porque entónces la seccion de la capa líquida será muy reducida.

Si la distancia que média entre los dos elementos de un *par* es grande, tambien lo será la resistencia que presente. Y por último, independientemente de estas condiciones, la resistencia en el interior está en razon inversa de la conductibilidad que posee el líquido excitante.

Además de estos importantísimos principios, que es necesario tener presentes para la eleccion y uso de una pila, hay otros que interesan vivamente al médico para la aplicacion metódica de la electricidad como agente terapéutico y que se refieren á la *intensidad* de la corriente.

Ohm ha condensado en tres leyes la relacion que existe entre la resistencia del circuito y la intensidad de la corriente que en él circula.

1º Cuando la resistencia del *circuito* es insignificante, comparada con *la del elemento*, la intensidad de la corriente no aumenta, aun cuando se aumenta el número de elementos.

2º Cuando al contrario, la resistencia del *elemento* es insignificante, comparada con *la del circuito*, la intensidad de

la corriente aumenta en proporcion al número de elementos.

3º Cuando la resistencia *exterior* es insignificante, comparada con la resistencia *interior*, la intensidad de la corriente aumenta en proporcion á la *superficie* de los elementos.

De la misma manera que en la administracion de un medicamento es indispensable conocer las dósis, en Electroterapia es necesario saber la intensidad de la corriente que se emplea. La balanza del electro-terapeuta es el galvanómetro, que le indica con toda exactitud la dósis del agente que está usando.

Conocidos todos estos principios, debemos ocuparnos ahora de la descripcion de los diversos sistemas de pilas; pero como para crear un nuevo modelo ha bastado variar el material ó la disposicion de los elementos que constituyen cada par, resulta que el número de pilas que se han imaginado es inmenso, sin que por esto se haya podido construir todavía una perfecta. De suerte que no nos detendremos en el exámen de cada una, porque saldriamos completamente de los límites que nos hemos trazado, sino que nos conformaremos con indicar rápidamente los caractéres de cada sistema. Más tarde tendremos oportunidad de describir alguna detalladamente, cuando tengamos que hablar con especialidad de algun aparato ó aplicacion eléctrica.

M. Cazin, en su obra sobre las pilas, agrupa en cinco clases estos aparatos.

1ª Clase.—Pilas de un solo líquido.
2ª Clase.—Pilas de dos líquidos.
3ª Clase.—Pilas secundarias.
4ª Clase.—Pilas secas.
5ª Clase.—Pilas termo-eléctricas.

Antes de precisar las condiciones que corresponden á cada grupo, conviene analizar lo que los físicos han llamado *polarizacion* en las pilas, por ser ésta una de las propiedades fundamentales en que está basada la clasificacion anterior.

Recordando el ejemplo que tomamos para explicar la teoría química de la pila, de un vaso lleno de agua acidulada con un poco de ácido sulfúrico, y en la cual se sumergen una lámina de zinc amalgamado y otra de cobre, reunidas por un conductor exterior, veremos que el ácido sulfúrico forma, en contacto con el zinc, sulfato de zinc é hidrógeno, que se desprende para ir reduciendo de molécula en molécula el ácido, hasta la última, que no teniendo despues de sí más que el cobre, en él viene á depositarse el hidrógeno. Si en este momento intercalamos un galvanómetro en el circuito, notaremos una considerable desviacion de la aguja, con la circunstancia de que esta posicion no persiste sino unos instantes, porque á poco comienza á decrecer el ángulo de desviacion, conociendo por esto, que la intensidad de la corriente disminuye. Esto se debe á los fenómenos de *polarizacion* que están pasando en la pila.

El hidrógeno que se deposita sobre el cobre, introduce, con esto, una resistencia considerable; además, la acidez del líquido excitante disminuye á medida que avanza la formacion del sulfato de zinc, y por último, el hidrógeno y el sulfato de zinc dan nacimiento á corrientes secundarias que en último análisis vienen á producir un aumento de resistencia.

Para suprimir estos inconvenientes, los físicos han imaginado la introduccion, en cada par, de sustancias que por su afinidad por el hidrógeno entren en combinacion con él, con el fin de impedir su depósito sobre el cobre, ó el cuerpo que ocupe su lugar. Y decimos con el hidrógeno, porque aun cuando se trate de pilas que no contengan ácido sulfúrico, como en las de *accion débil*, que son excitadas por sales, siempre contienen agua que descompuesta por la corriente, deja que se desprendan los gases que la componen.

Los mejores *despolarizadores* son los cuerpos muy oxidantes, como los cloratos, cromatos, nitratos, etc.; los sulfatos de plomo, de cobre y de mercurio, se usan con el mismo objeto, no solo porque ceden fácilmente su oxígeno, sino tambien porque reducidos por el hidrógeno, dejan depositar el

metal que es buen conductor y no provoca ninguna polarizacion.

Sentado esto, vamos á apuntar ligeramente los caractéres que corresponden á cada clase de pilas.

Las de *un solo líquido*, son aquellas en las cuales solo existe el líquido *excitante*, ó bien, en las que, además de ser excitador, es *despolarizador*. En algunas, el cuerpo que llena este último papel es sólido, y se halla contenido en un vaso poroso ó dispuesto en placas al rededor del electrodo positivo. La de Wollaston, de Gaiffe, de cloruro de plata, la de Leclanché, y la pila de Grenet, pueden presentarse como tipos de este grupo.

La segunda clase comprende las pilas de *dos líquidos;* en éstas, el líquido despolarizador está siempre aislado del líquido excitante, sea por medio de un diafragma poroso, ó bien, como las de Callaud y de Gray por la diferencia de densidad de los líquidos. De este género son las de Daniell, de Chardin y de Callaud-Trouvé.

Grove ha imaginado un sistema de pilas extraordinariamente ingenioso, cuyo funcionamiento está basado en la polarizacion de los electrodos, y son conocidas con el nombre de pilas secundarias.

Planté ha hecho de estas pilas una aplicacion verdaderamente importante y práctica en su *acumulador;* porque con este aparato, que conserva su carga eléctrica por varios dias, se puede trasportar, bajo pequeño volúmen, una gran cantidad de electricidad.

Como vimos cuando hablamos de los fenómenos que originan la polarizacion en las pilas, el hidrógeno, que proviene de la reduccion del ácido sulfúrico, se deposita en burbujas sobre el cobre, haciendo éste más resistente y disminuyendo, por consecuencia, la intensidad de la corriente.

Pues bien, si examinamos lo que pasa en los hilos de un voltámetro, miéntras esté pasando en él la corriente de una pila, notaremos la acumulacion de hidrógeno en la proveta negativa, y de oxígeno en la positiva, en la relacion de dos

volúmenes del primer gas por uno del segundo, puesto que provienen directamente de la descomposicion del agua. Un galvaniómetro intercalado en el circuito nos marcará la direccion de la corriente á la vez que su intensidad. Si despues de cierto tiempo interrumpimos la corriente que viene de la pila, é independientemente de ella formamos un solo circuito en el voltámetro, éste nos revelará el paso de una corriente intensa y de *direccion contraria* á la que teniamos ántes de separar la pila. Esta nueva corriente tiene por causa la recombinacion del hidrógeno y del oxígeno á través del voltámetro, y si ahora se nos manifiesta en toda su plenitud, es porque no hay ninguna circunstancia contraria, como cuando el voltámetro era atravesado por la corriente *primaria* de la pila. Naturalmente esta *corriente de polarizacion* puede utilizarse, y en ella están fundadas, como dijimos, las *pilas secundarias*, que al fin de cuentasno vienen á ser otra cosa que una reunion de voltámetros dispuestos en *série*.

Si en lugar de los pequeños electrodos que hemos supuesto en nuestro ejemplo anterior, disponemos dos láminas de plomo, de un metro de longitud por 20 centímetros de anchura y un milímetro de espesor, superpuestas, pero separadas entre sí por unas tiras de cautchouc, tendremos unos electrodos de gran superficie; para reducirlos á pequeño volúmen se deben enrollar en espiral, á fin de poderlos introducir en un bote con agua acidulada que solo tenga de alto un poco más de lo que las láminas miden de ancho.

Cada una de las láminas ha de estar en conexion con los polos de una pila de dos elementos Bunsen, que se deja obrar hasta que se considere que la polarizacion en las láminas ha alcanzado un grado considerable; si en este momento, interrumpiendo la corriente de la pila, unimos las dos láminas por intermedio de un hilo metálico, le veremos enrojecerse, ó por lo ménos, calentarse fuertemente. La explicacion de estos fenómenos nos es conocida; pero en el *acumulador* de Planté, todo esto se realiza en condiciones

tales, que el almacenamiento de electricidad es considerable y la intensidad de la corriente no lo es ménos.

Pero para llegar á ese resultado es necesario *formar* el elemento; es decir, modificar la trama del metal. Esto se consigue sometiendo los elementos á la corriente de una pila de fuerza electro-motriz igual, por lo ménos, á la del par de polarizacion, é invirtiendo de vez en cuando la corriente, de manera que el electrodo que haya sido positivo en la primera operacion, sea negativo en la siguiente, y positivo en la tercera vez, y así sucesivamente, por espacio de ocho dias ó más.

La gran ventaja de los acumuladores es poder almacenar una carga eléctrica considerable, susceptible de ser trasformada en electricidad de tension ó de cantidad, segun se quiera.

Las *pilas secas* más bien tienen importancia en un gabinete de física, que no para los usos médicos. Están constituidas por metales de potencial diferente, con objeto de que su fuerza elecrro-motriz sea grande, á pesar de sus reducidas dimensiones; el líquido excitante está sustituido por algun cuerpo higrométrico que, absorbiendo el vapor de agua del aire, se pone en condicion de atacar el metal activo, y por consiguiente, de originar las reacciones químicas que producen la corriente eléctrica.

Las pilas *termo-eléctricas*, que forman el último grupo de la clasificacion que hemos adoptado, están fundadas en la produccion de la electricidad por el calor. Siempre que se calienta un metal en un punto cualquiera de su superficie, con tal que no haya homogeneidad de textura en su masa, el desequilibrio que sufre el éter interpuesto en sus moléculas se manifiesta por corrientes eléctricas que van del punto caliente hácia el más frio. Basta torcer en espiral un hilo de cobre, por ejemplo, y calentarlo en uno de sus extremos, para que el galvanómetro, puesto en conexion con él, revele el paso de una corriente. Los elementos de este sistema se han construido soldando barras de diferentes

metales, y disponiendo las cosas de tal modo que cada par se pueda tener por sus extremos, á distinta temperatura. El aparato de Nobilli es el tipo de las pilas de este género.

Una vez elegido el sistema de pilas que más convenga para los usos médicos á que se destinen, hay que disponerlas en tension y formar el circuito que indispensablemente ha de seguir la corriente; en él han de estar comprendidos los aparatos necesarios y el paciente en quien se haga la aplicacion. De estos aparatos solo nos detendremos en la descripcion del *colector*, sin el cual seria imposible manejar la electricidad convenientemente, porque los demás ya son perfectamente conocidos.

Gaiffe ha sido el primero que tuvo la feliz idea de introducir esta importantísima mejora en la práctica médica, y á él se debe uno de los modelos más perfectos que hasta ahora se han construido; pero el que nosotros conocemos prácticamente y que mucho nos ha llamado la atencion por la sencillez de su construccion y por su funcionamiento tan regular y preciso, es el modelo del Dr. Gray que he tenido oportunidad de manejar en el Gabinete Electro-Médico de mis amigos y compañeros, los Dres. Barreiro y De la Fuente.

Este aparato distribuye la electricidad de una pila de cincuenta elementos, gran modelo Gray, y la que, independientemente de esta, viene de una pila de Leclanché.

En la parte superior de una lámina de ebonita, colocada verticalmente, hay dos círculos formados por botones metálicos en comunicacion cada uno de ellos con un elemento de la pila; en el centro de cada círculo hay un pivote que sirve de centro de rotacion á un manubrio que al moverse se va apoyando sucesivamente sobre ellos; pero de tal manera, que ántes de abandonar el primero ya está en contacto con el segundo, á fin de que no haya interrupcion en la corriente; ésta, viniendo de cada elemento de la pila á su correspondiente boton, solo puede llegar al *límite* polar, de donde

se toma para aplicarla, atravesando el manubrio, cuyo eje está en comunicacion con dicho límite por intermedio de un alambre.

En el centro está colocado el interruptor del aparato de induccion, que se halla un poco más abajo. Tiene de particular este mecanismo que las interrupciones no se hacen directamente sobre el carrete inductor, sino en otro muy pequeño que influencía dos martillos: uno para las interrupciones *lentas* y el otro para las *rápidas;* en el primero se puede graduar, á voluntad, la distancia entre una y otra, por medio de un balancin que tiene una pequeña esfera en cada extremo, y en el que, acercándolas ó alejándolas del punto de suspension, se pueden disminuir ó aumentar los brazos de la palanca que forman; por cuyo motivo, el martillo opondrá una resistencia variable que será lo que sirva para graduar las interrupciones. El otro martillo tiene la misma disposicion que el del carrete de Rumkfort.

El aparato inductor, que recibe por separado la corriente de una pila Leclanché, está situado trasversalmente, abajo del interruptor, sin que tenga otra cosa digna de atencion, que la manera sencilla de graduar la intensidad de la corriente inducida. El mecanismo se reduce á introducir ó sacar una barra de fierro dulce, que se desliza en el eje del carrete inductor, segun se quiera usar una corriente fuerte ó débil; con la circunstancia de que se modifica á tal grado la intensidad de la corriente, que de imperceptible, cuando toda la barra está fuera, llega á ser insoportable cuando se introduce en toda su longitud.

Por medio de tres conmutadores se maneja y modifica la electricidad que viene de la pila y del carrete; cada uno puede ocupar tres posiciones distintas, y segun sea la situacion relativa que tengan entre sí los tres conmutadores, así será la calidad de la corriente que resulte. Y por último, un conmutador doble sirve para invertir la direccion que sigue el fluido en su paso por el circuito.

Para no entrar en más detalles, solo diremos los resulta-

dos que se pueden obtener con este aparato, tan fácil en su manipulacion como preciso en sus efectos:

1º Corriente contínua.
2º „ „ lentamente interrumpida.
3º „ „ rápidamente „
4º „ inducida lentamente.
5º „ „ rápidamente.
6º „ primaria.
7º „ contínua ó inducida combinadas.
8º Inversion de la corriente.

El único defecto que tiene este colector, comparado con el de Gaiffe, es que, sea cual fuere el número de elementos que se introduzcan en el circuito, los primeros tienen que funcionar siempre, porque para tomar un grupo de ellos se tiene que partir siempre del primero; miéntras que en el modelo de Gaiffe la disposicion es otra. Si se necesitan 10 elementos, por ejemplo, teniendo la pila 50, se pueden tomar del 15 al 25 ó del 30 al 40; en tanto que en el de Gray, forzosamente tienen que emplearse los 10 primeros. Esto implica, naturalmente, un gasto desigual de la pila en el sistema Gray, á diferencia del de Gaiffe, que distribuye igualmente el trabajo en todos y cada uno de los elementos.

De paso indicaremos la disposicion que tiene un *colector*, extraordinariamente sencillo, imaginado y puesto en práctica por los Dres. De la Fuente y Barreiro.

La corriente viene de una pila de Gaiffe armada en série, pero de tal manera, que el polo positivo de un elemento, al unirse con el negativo del siguiente, tambien está en conexion, por intermedio de un alambre, con un boton colocado en la pared anterior de la caja que contiene la pila; por consiguiente, hay tantos botones como elementos, de suerte que, teniendo por un lado el polo positivo y con cada boton un polo negativo, bastará ponerlos en comunicacion por cualquier mecanismo, para tener la corriente de un *solo par*, si es el primer boton que se ha conectado; de dos,

si es el segundo, y así sucesivamente hasta el último, para tener la corriente de todos los elementos.

Para realizar esto, se ha puesto el polo positivo de *toda la pila* en un límite aislado; á lo largo de la pared anterior de la caja, y paralelamente á ella, hay una varilla de metal sostenida por dos pivotes, metálicos tambien, y en última relacion con la varilla, pero aislados de la caja por unas láminas de cautchouc; en toda la extension de la barra puede deslizar lo que se podria llamar la *llave de comunicacion*. Este pequeño aparato se reduce á una escuadra metálica formada por dos varitas; una está provista de un resorte y la otra de una especie de tuerca con su tornillo de presion; el resorte sirve para establecer bien el contacto entre la *llave* y los botones conectadores ya descritos, y la tuerca da paso á la varilla facilitando el deslizamiento en toda la longitud de ésta, á la vez que puede fijarse por el tornillo de presion, en el lugar que convenga.

En la tapa de la caja hay un conmutador que sirve para invertir la direccion de la corriente y para colocar los hilos que la han de llevar al punto de aplicacion; de suerte que de la pila pasa al colector, de éste al conmutador, y de allí parten los reóforos que la llevan definitivamente al enfermo.

Para hacer funcionar este aparato, se une el polo positivo con la pinza correspondiente del conmutador y una de las extremidades de la varilla metálica con la pinza del negativo; como la varilla está en comunicacion con la llave y ésta con los botones, resultará que si la hacemos correr sobre aquella desde el boton núm. 1 hasta el núm. 20, por ejemplo, la corriente habrá ido teniendo la intensidad de un elemento, despues de dos, etc., hasta la de 20, que es el número en que la fijamos. Además, podemos invertir la corrriente por el *inversor*, sin necesidad de cambiar de sitio los electrodos que se hayan aplicado sobre una region dada. Pero para conseguir esta inversion, se habrá interrumpido bruscamente la corriente como pasa en todos los conmutadores destinados á este objeto. Ahora bien, si en lugar de servir-

nos del inversor, empleamos el colector con el mismo fin, la direccion será cambiada, pero con la circunstancia de no producir lo que se llama *choque voltaico*, porque de este modo no hay interrupcion brusca. Bastará colocar el cordon del boton del polo positivo en conexion con el elemento núm. 30, dejando el negativo como siempre, y supongamos que la *llave* está apoyada sobre el boton núm. 30 tambien; resultará que la pila queda dividida en dos mitades, teniendo 60 elementos por todo: una mitad quedará á la derecha y la otra á la izquierda. Sobre la primera va en una direccion, y sobre la segunda en direccion contraria. Esto resulta de la manera como está armada la pila, en la que un electrodo puede ser positivo ó negativo, segun sea la direccion en que se mueva la llave. Por consiguiente, si al partir del boton núm. 30 la corremos á la derecha, la corriente irá aumentando en intensidad, hasta llegar á su máximum, cuando la llave se apoye en el último boton; si despues retrocedemos la llave, la disminucion se irá notando á medida que nos acerquemos al núm. 30, en donde será igual á cero, para crecer de nuevo al seguir en la mitad izquierda, pero con direccion contraria.

Para obtener la electricidad inducida, hay muchos modelos de máquinas; pero los más perfectos son el de Tripier y el de Trouvé, porque las interrupciones de la corriente primaria son susceptibles de graduacion, sobre todo en el segundo, que por un mecanismo muy ingenioso, se pueden hacer matemáticamente iguales.

No entramos en la descripcion de estos aparatos, ni de las pilas portátiles, porque esta parte de nuestro trabajo se alargaria más de lo que quisiéramos.

Solo diremos para terminar este asunto, que el modelo Gaiffe, de máquinas de induccion con pilas de bisulfato de mercurio y zinc amalgamado, es de los más malos, porque entre sus defectos cuenta el de tetanizar los músculos muy fácilmente, puesto que sus interrupciones son sumamente rápidas, sin que el médico pueda tener accion sobre ellas.

Decimos esto porque este es el modelo más usado entre nosotros á pesar de sus imperfecciones.

Los efectos fisiológicos y terapéuticos se diferencian notablemente, segun la corriente inducida que se emplea, y con mayor razon si se comparan los que producen las corrientes *inducidas* y los que originan las corrientes *contínuas*.

Desde luego se puede señalar como rasgo distintivo de las corrientes inducidas, su *alta tension* y su poca *accion química;* en las contínuas, estas propiedades son inversas, pues que á una accion química intensa reunen una tension relativamente débil. Y bajo el punto de vista médico hay otras diferencias que siempre se deben tener presentes al elegir el tratamiento á que deba sujetarse una enfermedad ó perturbacion funcional.

La modificacion molecular que produce en los nervios ó en los músculos el paso de una corriente inducida, tiene una duracion de 42 diezmilésimos de segundo para la corriente de *apertura* del circuito, y de 114 diezmilésimos para la de *clausura*. Si la sucesion de estos fenómenos es muy rápida, tambien lo será la variacion en la intensidad de la corriente, y la excitacion que esto produzca será mayor; pero en el caso en que se quiera influenciar un músculo cuya irritabilidad esté muy disminuida, deberá emplearse una corriente que tenga una accion más duradera, y como las corrientes inducidas son instantáneas, solo podremos alcanzar el efecto buscado con las corrientes contínuas.

La *direccion* de las corrientes originadas por una inducida ó contínua, es un factor que tambien se debe tener en cuenta. Al cerrarse el circuito nace una corriente de sentido *contrario* al de la pila, y cuando se abre hay otra, pero en la *misma direccion*. Luego la segunda será más intensa, puesto que se suman las dos corrientes, miéntras que en el primer caso la resultante será igual á la diferencia; pero de todos modos hay corrientes de distintas direcciones cuando se aplican las corrientes farádicas, cosa que no pasa cuan-

do se hace uso de las contínuas ó galvánicas, que siempre van del polo positivo al negativo, y que conservan su accion todo el tiempo que dure su paso, aun cuando aparentemente parezca que solo son activas al principio y al fin de la aplicacion.

Tambien hay diferencia entre las corrientes inducidas y las contínuas, en cuanto á la profundidad á que puede llegar la accion de unas y otras; pues aunque las primeras pueden obrar profundamente, las contínuas se difunden más en los tejidos orgánicos, como lo demuestra la siguiente experiencia. Se implantan dos agujas en el antebrazo de una persona, puestas en comunicacion con un galvanómetro; despues se aplica una corriente *contínua* en el hombro opuesto, sin que tenga más relacion con el galvanómetro que la que establece el cuerpo de la persona sujetada á la experiencia, y se notará una desviacion de la aguja tanto más grande cuanto menor sea la resistencia que opongan los tejidos al paso de la electricidad.

Esto nos demuestra tambien que la accion de las corrientes inducidas puede localizarse, y que no sucede lo mismo con las corrientes contínuas.

De suerte que la diferencia que hay entre unas y otras corrientes no solo es como creen algunos médicos, que unas son interrumpidas y otras no, sino que poseen propiedades distintas que impresionan de diverso modo nuestros órganos y tejidos, segun queda dicho.

Por último, si analizamos los efectos que produce una corriente inducida durante su paso por un órgano, y los comparamos con los que produce una contínua, notaremos que los primeros son instantáneos, puesto que la duracion de la corriente que los determina es infinitamente pequeña y que su accion se reduce á un choque molecular violento. En las corrientes galvánicas, tambien se nota que al principiar y al concluir la corriente hay efectos marcados; pero no es esto todo, pues durante el paso de la corriente, *cuando parece que todo está en reposo*, es precisamente cuando se verifican los

fenómenos electrolyticos, los de trasporte y de orientacion molecular.

CAPITULO III.

ELECTROFISIOLOGIA.

ACCION DE LA ELECTRICIDAD SOBRE LOS DIVERSOS SISTEMAS.

Sistema nervioso.—La experiencia ha demostrado que la corriente eléctrica obra de distinta manera sobre los nervios sensitivos, los motores y los mixtos.

En los cordones nerviosos encargados de regir el movimiento no se nota ninguna modificacion durante el paso de la corriente; pero sí hay contraccion marcada al cerrarse la corriente y al abrirse ó solamente en uno de estos tiempos, sin que sea perceptible en el otro.

El punto que ha preocupado mucho á los fisiólogos y á los electricistas, y sobre el que no se ha dicho la última palabra, es la influencia que, para la produccion de estos fenómenos, pueda tener la direccion de la corriente. Remak, por ejemplo, cree al revés de Eckhardt, que la corriente ascendente excita y la descendente paraliza la fibra nerviosa; Duchenne pretende que la direccion de la corriente contínua no tiene importancia ninguna; en cambio, Onimus se fija extraordinariamente en la direccion de la corriente cuando es contínua, pero no le concede la menor significacion á la situacion relativa de los polos en las corrientes inducidas. Por último, Chauveau concede igual importancia á la direccion en que se usen unas y otras; pero en realidad de lo que se preocupa es de la situacion del polo negativo, que es el que causa la contraccion de la fibra muscular.

Bardet y Chauveau admiten que la accion de las corrientes farádicas es la misma que la de las galvánicas sobre los

nervios motores; la contraccion muscular responde igualmente á la excitacion provocadora por unas y otras.

Además de estas reacciones que presentan los nervios al abrir y cerrar la corriente, hay otros fenómenos no ménos importantes durante el paso de ella. Volta, Ritter y otros experimentadores han demostrado que sea cual fuere la direccion de la corriente *contínua*, la propiedad éxito–motriz del nervio puede desaparecer si se prolonga mucho su accion; pero si la aplicacion dura poco y la corriente es ascendente, la propiedad éxito-motriz puede exagerarse hasta la tetanizacion del nervio, ó disminuir notablemente si es descendente.

La excitacion eléctrica de un *nervio sensitivo* se manifiesta por dolor y movimiento que proviene por vía refleja. La sensibilidad se despierta con tanta mayor facilidad cuanto más brusca y rápida es la interrupcion; la contractilidad refleja responde más vivamente á las corrientes de cantidad; es decir, á las corrientes contínuas, ó á las inducidas si provienen de un carrete de hilo grueso.

La electricidad de las máquinas electro–estáticas, siendo de alta tension, debe emplearse en los casos en que se quiera impresionar vivamente la sensibilidad.

Naturalmente esta distincion que hemos establecido entre la reaccion de los nervios motores y sensitivos es puramente artificial, porque prácticamente no podemos separar los nervios encargados de estas funciones, puesto que, por una parte, obramos sobre masas, y por otra, los fenómenos reflejos nos obligan á tener manifestaciones motrices, siempre que tratemos de impresionar únicamente la sensibilidad.

Los *nervios mixtos* participan de las manifestaciones que hemos encontrado en los dos sistemas de nervios que los forman.

Es bien poco lo que se conoce de las modificaciones que introduce la electricidad en los centros nerviosos. Lo único que hasta ahora podemos asentar es que, la excitacion de la médula por una corriente descendente galvánica, *paraliza*

la accion refleja. Este principio está apoyado en la experimentacion fisiológica y en la clínica.

Si se decapita un animal con el objeto de que se acentúen más los reflejos, y se somete su médula á la accion de una corriente galvánica descendente, se observa que miéntras dura el paso de la corriente, los fenómenos reflejos se *extinguen completamente*, y que aun cuando se provoquen por excitaciones mecánicas, el animal permanece insensible. Despues, cuando la accion de la corriente ha cesado, los reflejos aparecen poco á poco, hasta volver á quedar como estaban ántes de la aplicacion eléctrica.

La vida de la celdilla, y por consiguiente la reparacion de los tejidos, así como el mantenimiento constante del calor necesario para que se puedan verificar los cambios nutritivos, están bajo la dependencia del gran simpático, y como la electricidad es el agente que obra con más energía sobre él, creemos que la medicina alcanzaria un progreso notable el dia en que se llegasen á definir exactamente sus indicaciones, estudiando las enfermedades bajo el punto de vista de las perturbaciones nutritivas y caloríficas que producen en el organismo.

La accion de la electricidad sobre el plexus cardiaco es distinta segun que obre sobre las fibras del neumogástrico ó del simpático; en el primer caso las pulsaciones del corazon disminuyen hasta suspenderse completamente; cosa que siempre se debe tener presente cuando se electriza el cuello, por la proximidad del neumogástrico y el riesgo consiguiente de producir un síncope. Si la corriente obra sobre los ramos del simpático, la aceleracion de las pulsaciones es notable.

En el *sistema glandular* las corrientes galvánicas obran determinando una ipersecrecion considerable.

La corriente contínua determina en los músculos lisos contracciones lentas; sobre los estriados hay contraccion al abrir y al cerrar el circuito, siendo ésta más fuerte que la primera. La electricidad inducida obra de la misma manera si las

interrupciones son poco frecuentes; pero si son muy rápidas, entónces se produce la tetanizacion del músculo.

Para mayor claridad, vamos á detenernos un instante en la descripcion de las reacciones que los nervios y músculos presentan bajo la accion de la corriente, pero únicamente en el estado normal ó fisiológico, pues las alteraciones que estos fenómenos tengan en el estado patológico, salen completamente del punto de vista en que nos hemos colocado para el estudio de este importante agente terapéutico.

Las contracciones de apertura y de cerradura son un poderoso elemento en electro-diagnósis. Las variaciones en la contraccion muscular producidas por las diferencias de intensidad y direccion de la corriente galvánica, son bastante complicadas para ser descritas rápidamente.

Se ha convenido en llamar *reaccion muscular* á las diferentes contracciones musculares que, bajo la influencia de ciertas variaciones en la corriente galvánica, se suceden en un órden determinado. Para el estudio fisiológico de estas reacciones debe tenerse presente: 1º que la contraccion muscular aparece en el momento de apertura ó cerradura del circuito ó cuando la intensidad de la corriente se altera (crecimiento ó diminucion); 2º que las corrientes muy débiles no producen contraccion muscular; 3º que la contraccion muscular producida por la corriente galvánica en el estado fisiológico es corta, brusca y momentánea, caractéres que varian en el estado patológico; 4º que la corriente pasa siempre del polo positivo llamado *ánodo*, al negativo llamado *cátodo.*

Si pues colocamos ambos polos sobre algun tronco nervioso con la mira de estudiar su reaccion eléctrica, encontrarémos que si la corriente es muy débil, ninguna contraccion ocurrirá; pero si progresivamente vamos aumentando la intensidad de la corriente, llegará un momento en que la contraccion aparece, pero esto solo se verifica en el momento de cerrar el circuito y no habrá contraccion al abrirlo; en igualdad de condiciones, tampoco habrá contraccion si in-

vertimos los polos de la pila. Entónces, podemos afirmar que en el estado fisiológico, la primera contraccion muscular que puede producir la corriente galvánica es en el momento de la clausura del circuito por el polo negativo, de donde obtendrémos la primera fórmula $\underset{\text{contraccion}}{\text{C.}}\ \underset{\text{clausura}}{\text{C.}}\ \underset{\text{cátodo.}}{\text{C.}}$ Con la intensidad á que llegamos progresivamente en el caso anterior, no podemos producir la contraccion muscular mas que en la clausura del cátodo; pero si seguimos aumentando la intensidad de la corriente, la contraccion de clausura del cátodo es más enérgica y llegaremos á producir otra contraccion muscular; pero ésta se verifica en el momento de la ruptura de la corriente con el polo positivo; de aquí que á la fórmula C. C. C. que obtuvimos en el caso anterior, deba seguir $\underset{\text{contrac.}}{\text{C.}}\ \underset{\text{rup.}}{\text{R.}}\ \underset{\text{ánodo.}}{\text{A.}}$ Si seguimos aumentando la fuerza de la corriente, obtenemos despues una contraccion en el momento de la clausura del circuito con el ánodo, es decir, $\underset{\text{contrac.}}{\text{C.}}\ \underset{\text{cláu.}}{\text{C.}}\ \underset{\text{ánodo}}{\text{A.}}$ y por último con corriente muy intensa logramos producir una contraccion en el momento de la ruptura del circuito con el cátodo C. R. C. Estas reacciones, que pueden verificarse en algun tronco nervioso de un animal, se modifican cuando aplicamos el método polar, es decir, cuando concentramos, por decirlo así, la accion de un polo sobre un nervio ó un punto motor. En este caso, en vez de

C. C. C.		C. C. C.
C. R. A.	obtenemos	C. R. C.
C. C. A.		C. C. A.
C. R. C.		C. R. A.

Siguiendo este método, se ve que los diferentes grados de contraccion muscular corresponden no solo á la diferente intensidad de la corriente, sino tambien al polo que obra sobre el tronco nervioso objeto de nuestras investigaciones. El polo negativo obra siempre más enérgicamente que el polo positivo, puesto que con él se obtiene la contraccion más enérgica; de tal manera, que C. C. C. es $>$ que C. R. C. que á su vez es $>$ que C. C. A. y ésta que C. R. A. La

intensidad de las contracciones producidas por la corriente galvánica en estas diferentes circunstancias, es variable, así es que no podemos asegurar si la energía de la contraccion ha crecido ó disminuido, como sucede en el estado patológico, á ménos de que en este caso comparémos dicha contraccion con la producida por el músculo homólogo del lado sano.

Del tal suerte, que como reaccion normal de los nervios y de los músculos poseemos tres caractéres: 1º un cierto órden en la aparicion de las contracciones; 2º una cierta intensidad absoluta en la contraccion, y 3º una cierta intensidad relativa entre las diversas contracciones entre sí. En estado patológico los nervios y los músculos no responden, de igual manera á la excitacion eléctrica; las reacciones que hemos descrito son diferentes segun la especie de alteracion que sufre el centro nervioso, el nervio, el músculo ó las terminaciones periféricas de los nervios, y el conjunto de modificaciones patológicas cuantitativas y cualitativas que se producen en la excitabilidad eléctrica, parecen ser debidas á un proceso morboso degenerativo de estos nervios y de estos músculos. La reaccion normal se convierte en *reaccion de degeneracion* que consiste esencialmente en una diminucion y pérdida, para el nervio, de la irritabilidad farádica y galvánica y para el músculo, pérdida de irritabilidad farádica solamente conservando la excitabilidad galvánica, pero con cambios cuantitativos y cualitativos.

En pocas palabras vamos á reasumir los efectos fisiológicos producidos en el organismo por las diferentes electricidades, ó más propiamente, por la energía eléctrica bajo sus tres formas: estática, galvánica y farádica.

El baño eléctrico se practica colocando al individuo en el taburete eléctrico, para aislarlo perfectamente de la tierra, y en comunicacion directa con la máquina electro-estática que se tenga en uso. De esta manera queda todo el cuerpo bañado por la electricidad, y cuando adquiere bastante tension, se tiene la sensacion que llaman los franceses de *te-*

la de araña. En efecto, con una máquina poderosa se tiene una impresion parecida á la que produciria el contacto de la tela de araña en la cara y en las manos. Este fenómeno es debido al movimiento de las moléculas de aire electrizado. Tambien se nota, lo mismo que con el *soplo eléctrico*, el erizamiento de los cabellos. y una excitacion tactil especial, que por accion refleja determina la afluencia de sangre á la periferie, dando lugar á una ligera traspiracion cutánea acompañada de calor.

La *chispa* produce contracciones musculares enérgicas y una sensacion de choque en el punto que recibe directamente la descarga, con la circunstancia de que este fenómeno se presenta aun cuando las corrientes contínuas é inducidas no hayan producido efecto alguno notable.

Los efectos generales de la electricidad estática se reducen á la estimulacion del sistema circulatorio, favoreciendo los cambios nutritivos y á una especie de vibracion molecular que influencia las perturbaciones nerviosas.

Ya hemos dicho que siempre que se cierra ó se abre un circuito del cual forma parte el cuerpo humano, se nota una contraccion de los músculos comprendidos entre los electrodos, y que ésta es mayor al cerrar que al abrir la corriente. La sensacion que se experimenta crece con el número de elementos, pero no es proporcional; de suerte que á un número doble de elementos no corresponde una sensacion doblemente intensa sino mayor, y si el número se hace triple, la impresion crece alejándose de esta progresion.

Las sensaciones que se experimentan en los nervios de sensibilidad especial difieren de los tactiles; así el nervio óptico, por ejemplo, revela su existencia eléctrica de un modo que algo tiene que ver con su funcion normal. Basta un cambio de intensidad cualquiera en la corriente que pase por la region órbito-frontal ó temporal, para que se tenga la produccion de fosfenas; lo mismo sucede cuando se electriza la region occípito-frontal; al pasar alguno de los electrodos del cuello á lá cara, cruzando por el contorno del pabellon de la

oreja, se percibe un sabor metálico muy pronunciado. Tal vez pudiera explicarse este fenómeno por excitacion de la cuerda del tímpano que el Dr. Ortega consideraba como el nervio especial del gusto.

Durante el paso de una corriente se producen otra clase de fenómenos; pero es conveniente fijarse en que una corriente solo es contínua si los electrodos se mantienen en una misma posicion, porque desde el instante en que se muevan, habrá cambios de intensidad, originados por la diferencia de resistencia que poseen los distintos territorios de la piel; esto tendrá por efecto variar la intensidad de la corriente y producir sacudidas más ó ménos bruscas, segun sean más ó ménos grandes las caidas de potencial.

En la corriente contínua la intensidad ha de quedar constante durante la aplicacion; en las corrientes interrumpidas, por el contrario, precisamente se buscan los cambios de intensidad, para producir conmociones nerviosas y musculares.

Cuando se aplica la corriente de una pila sin tener fijos los electrodos, sino deslizándolos en la superficie de la piel, resulta, por las razones que expusimos ántes, que sin tener una caida completa del potencial, como en las interrumpidas, sí se producen cambios de intensidad apreciables.

Estas corrientes, llamadas *labiles* por los antiguos, en realidad vienen á ocupar un lugar intermediario entre las corrientes contínuas y las interrumpidas.

El efecto que producen los reóforos en el lugar que se pone en contacto con ellos, es el de una *quemadura*. Esta accion es debida á los fenómenos electrolíticos que se verifican en los líquidos del organismo, haciendo que se depositen los *ácidos en el polo positivo* y los álcalis en el negativo; de suerte que, al fin de cuentas, esto no viene á ser sino una cauterizacion química. Por este motivo siempre tienen que forrarse los electrodos con gamuza ó con esponja, á fin de que, inpregnándose de agua, la accion electrolítica pase en este líquido y no en la piel.

Los fenómenos químicos que origina la corriente de la pila, pueden reproducirse perfectamente en el organismo, que muy bien puede considerarse como un gran electrólito; pero, lo mismo que en cualquiera otro, la descomposicion solo se manifiesta en los polos. La teoría de Grothus nos da cuenta exactamente de las condiciones de esta propiedad electrolítica; pero hallándose expuesta en todos los tratados de física, no nos detendremos en ella.

Hay otra propiedad de las corrientes eléctricas con relacion al organismo, que si no existiera, resultarian muy imperfectas las aplicaciones electroterápicas. Queremos hablar de las *corrientes derivadas.* La corriente eléctrica que va de un polo á otro, no solo sigue la superficie de la piel, que es sumamente resistente, sino que llega á la profundidad de los tejidos subyacentes y se distribuye en ellos; por cuyo motivo, miéntras más profundamente colocados se hallen los órganos que se quiera influenciar, más intensa debe ser la corriente que se aplique.

Para terminar estos rápidos apuntes de electrofisiología, solo nos falta determinar la resistencia del cuerpo humano. Largas y minuciosas han sido las investigaciones que con este fin se han emprendido, á pesar de no tener grande importancia el conocimiento de la resistencia del cuerpo en sus diferentes regiones.

Se ha dicho que la resistencia média del cuerpo humano es de 2,000 ohms; pero la verdad es que el resultado varía segun la humedad y limpieza de la piel. Así es que, en las experiencias que M. Bardet ha hecho sobre sí mismo, ha llegado á obtener los siguientes datos:

Piel seca	2,200 ohms.
Piel frotada con agua de jabon ...	1,500 „
Piel frotada con alcohol...........	800 „

En general podemos decir que el espesor de la piel tiene gran significacion en la resistencia, siendo más resistentes las regiones cubiertas de piel gruesa que las de piel fina;

además, la conductibilidad aumenta á medida que se humedecen más los tejidos, porque las sustancias que por electrolisis se vienen á depositar bajo los electrodos, aumentan esta misma conductibilidad.

CAPITULO IV.

ELECTROTERAPIA GENERAL.

Antes de entrar en el estudio de los medios generales de aplicacion de la electricidad á las enfermedades, conviene apuntar las indicaciones que pueden servirnos de guía para la eleccion de los diferentes aparatos, y por consiguiente, para el empleo de tal ó cual forma de la energía.

La electricidad estática se hallará indicada siempre que se desee obtener una accion general en todo el cuerpo, como en el baño eléctrico, ó que se quiera producir una excitacion local, por medio de dardos ó de chispas.

La corriente galvánica encontrará su aplicacion, cuando se quiera obrar en la intimidad de los tejidos, provocando una reaccion favorable á la nutricion.

Por último, la electricidad inducida deberá reservarse para los casos en que se necesite influir sobre el movimiento, por la gimnasia terapéutica á que se someten los músculos; ó bien porque se quiera obrar, por intermedio de éstos, sobre el movimiento de los líquidos del organismo, favoreciendo así los cambios nutritivos.

Electricidad estática.—Para la aplicacion de la electricidad bajo esta forma, son indispensables una máquina, un taburete aislador, un conductor que ligue al paciente con el generador del fluido y varios excitadores.

De las condiciones de la máquina electro-estática no ha-

blaremos, por haberlo hecho en su oportunidad; si el taburete no fuera conocido de todos, tendria que detenerme en describirlo, porque de la bondad de él se puede decir que depende el resultado del tratamiento, puesto que implica nada ménos que el perfecto aislamiento del individuo. Unicamente diremos que la altura mínima que puede tener es de 30 á 40 centímetros, y que no ha de tener ningun ángulo saliente ni arista, que solo servirian para facilitar la pérdida del fluido.

El conductor que sirve para poner el enfermo en relacion con la máquina, puede ser una varilla ó cadena metálica sin aristas vivas, para evitar las pérdidas; ó mejor aún, el modelo construido por Mr. Duterme, que se reduce á dos cilindros que deslizan forzadamente, uno dentro del otro, con un gancho en cada extremo.

Los excitadores son muy variados en su forma, pero se emplean con más frecuencia cuatro que terminan por puntas ó por esferas, segun se quiera aplicar el soplo eléctrico ó excitar por medio de chispas ó dardos.

Galvanizacion.—A dos métodos, principalmente, se puede reducir la aplicacion de la corriente de la pila: galvanizacion por corrientes contínuas y por corrientes interrumpidas.

De lo que dejamos dicho en el capítulo anterior podemos deducir que la accion contínua podremos aprovecharla siempre que se quiera influir sobre la nutricion de los tejidos; se reserva la interrupcion de la corriente contínua, cuando además del efecto anterior se desea obrar sobre la contraccion muscular.

Si el aparato de que se pueda disponer no tiene mecanismo apropiado para las interrupciones, se puede introducir en el circuito un boton de los que se emplean en las campanas eléctricas; miéntras se comprima la laminilla que cierra la corriente, ésta pasará, para interrumpirse desde que la compresion falte. Si este mismo mecanismo se dispone de manera que se pueda manejar con el pié, se tendrá la ventaja de dejar libres las manos del operador.

Faradizacion.—Bajo esta forma, la corriente eléctrica determina contracciones y choques; pero, aunque esto es cierto de una manera general, varía la impresion producida, segun el espesor y longitud del hilo que constituye cada carrete.

Para obtener una revulsion considerable y excitar la sensibilidad, se ha de tomar la corriente de un carrete de hilo fino y largo; cuando solo se quiere obrar sobre la contraccion muscular, bastará usar la de un hilo corto y grueso. Pero como no siempre se tiene una coleccion de carretes para llenar las diversas indicaciones que se presentan, se puede alcanzar el mismo resultado con los aparatos comunes, con tal que se pueda tomar de ellos, separadamente, la extracorriente ó la corriente de la segunda hélice, porque la primera, que no es más que la corriente del carrete *inductor*, siempre proviene de un hilo más grueso y corto que la de la segunda hélice, que nace en el hilo inducido, y por consiguiente, más fino y largo que el primero.

Hay dos maneras de aplicar las corrientes inducidas. Cuando se quiere obrar exclusivamente sobre la contractilidad, disminuyendo hasta donde sea posible la accion sobre la sensibilidad, se debe humedecer la piel y forrar los electrodos, como dijimos en otro lugar; si se busca la revulsion, se aplica directamente el metal sobre la piel seca y limpia.

Para evitar las derivaciones peligrosas en la aplicacion de las corrientes galvánicas, se han construido unos excitadores especiales, que su autor, Mr. Boudet, ha llamado *concéntricos*.

Están constituidos por un anillo metálico, forrado de gamuza y provisto de un mango con su boton de pedal, para interrumpir á voluntad la corriente; ocupando el centro del anillo, y sostenido por una lámina acodada, se halla el otro electrodo, que ya está formado por un hemisferio de carbon forrado de piel, ya por un cono de cobre niquelado, ó en fin, por una aguja de acero cubierta en cierta extension por un barniz aislante. Por medio de unos límites convenientemente dispuestos, se establece la conexion con los alambres que vienen de la pila.

El primero se ha usado ventajosamente en la parálisis facial, nevralgía del trigémino y en el tic doloroso; el segundo para la destruccion de los tumores pequeños del tegumento externo; en la electrolisis de los tumores eréctiles y ganglionares, así como en los quistes sebáceos conviene aplicar el excitador provisto de la aguja. Atravesando el tegumento penetra en el tumor y facilita la descomposicion electrolítica de la materia que lo constituye.

Para terminar estas generalidades, solo nos falta decir dos palabras de la aplicacion que ha recibido en medicina la propiedad electrolítica de la corriente.

Si ántes hemos indicado las precauciones que se han de tomar para que no se virifiquen estos fenómenos en la piel, cuando únicamente se desean aprovechar los efectos de la electricidad sobre la contractilidad ó la conmocion molecular, ahora tenemos que apuntar la disposicion que tienen los electrodos en la electrolizacion.

Cuando se trata de superficies extensas, el Dr. Apostoli, que pudiéramos considerar como uno de los fundadores de este método, aconseja el empleo de una especie de arcilla, que se deposita sobre la parte enferma. Pero más comunmente se recurre á la galvanopuntura para la práctica de este procedimiento.

Se han empleado las agujas de acero sin modificacion ninguna, ó bien revestidas de una capa de barniz aislante; pero se ha visto que las primeras tenian el inconveniente de cauterizar los tejidos que quedaban en contacto con ellas, y que con las otras solo se evitaba este mal, miéntras no se les caia el barniz, cosa que sucede con suma facilidad. El Dr. Buij propuso unas agujas cubiertas de una capa de vidrio, sumamente delgada que, á la vez que las aisla de los tejidos que atraviesan, les da mayor resistencia y se conservan por más tiempo sin oxidarse. Como á pesar de esto, las agujas que se usan en la electrolisis son extremadamente delgadas, se tienen que sostener en los hilos que vienen de la pila, con *serra-finas* especiales, que las sujeten perfectamente, permi-

tiendo moverse en todos sentidos para evitar que se rompan. Como en esta operacion solo se emplea un polo, el otro, que solo sirve para formar el circuito, ha de estar en conexion con una placa de 20 á 30 centímetros por lado, guarnecida de piel.

Dujardin-Beaumetz ha imaginado dos pequeños instrumentos para facilitar la introduccion y la extraccion de las agujas: *l'enfonce-aiguille* y *le tire-aiguille*.

La aplicacion más importante, y tal vez de mejores resultados que se ha hecho de la galvanopuntura, es el tratamiento de los aneurismas, creado por Ciniselli y perfeccionado por Anderson, Tripier, y sobre todo, por Dujardin-Beaumetz.

Saldriamos completamente de los límites que debe tener este imperfecto trabajo, si al ocuparnos de las aplicaciones médicas de la electricidad, nos fuéramos á detener punto por punto en todas y cada una de las condiciones de la operacion.

Habriamos tenido que comenzar, á propósito de cada entidad patológica ó perturbacion funcional, por describir los datos que la exploracion eléctrica pudiera suministrarnos, para conocer, con bastante aproximacion, los caractéres de la lesion, cualitativa y cuantitativamente, si se nos permite la frase; despues deducir el tratamiento é indicar circunstanciadamente el manual operatorio, cosa que, entre otros inconvenientes, presenta el de ser ésta una empresa muy superior á nuestras fuerzas.

Así es que, como nuestro intento solo fué hablar en general de esta importante rama de la terapéutica, y como aún no está suficientemente adelantada la Electroterapia, para poder reducir á ciertos principios generales sus indicaciones, sino que éstos tienen que ser especiales para cada caso particular, solo podriamos extendernos más en este asunto, detallando la manera de proceder en cada una de las ya numerosas enfermedades que deben someterse á la accion de la electricidad.

Pero si por lo que hemos dicho en los dos primeros ca-

pítulos, conocemos por una parte la electricidad bajo las tres formas en que se nos manifiesta, las propiedades físico–químicas que las caracterizan y distinguen, así como las unidades que nos pueden servir para determinar la *calidad* y *cantidad* del agente terapéutico que usamos, y por otra, sabemos los efectos que va á producir en el organismo, ora estimulando las funciones del músculo y del nervio, ora favoreciendo los incesantes cambios de la nutricion, claro es que, con todo esto, tendremos ya una base sólida en que apoyar nuestra conducta en cada caso que se nos presente.

Del diagnóstico patogénico y etiológico deduciremos naturalmente las indicaciones terapéuticas para el tratamiento; y si entre éstas hallamos determinada la intervencion de la electricidad, estaremos en la misma situacion que si se tratara de cualquier otro medicamento.

Dada una alteracion patológica, lo primero que hacemos es pensar en los recursos que tenemos para combatirla; despues elegimos el que más eficaz nos parece, y por último, fijamos la forma y dósis en que se ha de administrar. Pues bien, bajo el punto de vista electroterápico, una vez encontrada la indicacion que exija la intervencion de la electricidad, habrá que determinar cuál de las tres formas en que se nos manifiesta conviene mejor en este caso; despues vendrá la forma y dósis en que se aplique.

Y para continuar la comparacion en todas sus partes, podriamos tomar por *forma* en Electroterapia, algunos detalles del *modus faciendi*, que necesariamente varian para cada aplicacion, sea por la disposicion de cada electrodo, sea por la situacion relativa de los dos, ó por cualquier otro motivo. El *dardo*, *la chispa*, *el soplo*, etc., serian otras tantas *formas*, si de electricidad estática se trata; la corriente *ascendente*, *descendente*, *stabil*, *labil*, *bipolar*, *unipolar*, etc., si nos referimos á la dinámica.

En cuanto á la *dósis*, ya sabemos que el galvanómetro es la balanza que nos ha de revelar la *cantidad de agente* que hayamos administrado al enfermo.

Todo esto se comprende fácilmente una vez que se ha presentado la indicacion; ¿pero cómo podremos llegar á conocer la oportunidad para la intervencion del agente físico que nos ocupa?

De una manera general, podemos decir que, los principios de electrofisiología, que dejamos apuntados en el capitulo precedente, son los que deben servirnos de clave para determinar el empleo terapéutico de la electricidad, de la misma manera que procederiamos para llenar una indicacion, con cualesquiera otro medicamento cuya accion fisiológica nos fuere conocida. Pero así como en este último caso se ha de tener presente la *dósis* que se ha de emplear en *determinado tiempo*, en Electroterapia son requisitos importantes, el *número de elementos* que se han de introducir en el circuito para obtener la intensidad conveniente, y el *tiempo* que debe estar el organismo bajo su influencia.

Vemos, pues, como lo indicamos desde el principio, que el empleo de la electricidad como agente terapéutico, se sujeta al mismo cartabon que los demás medicamentos. Por eso seguimos el mismo órden de exposicion, comenzando por su origen, es decir, la manera de desarrollarla; despues estudiamos sus propiedades físico-químicas, para entrar en el estudio de sus efectos fisiológicos, y por último, llegamos á su empleo terapéutico, empeñándonos en hacer ver ta semejanza que existe entre el manejo de una sustancia medicinal cualquiera y el del poderoso agente que tan brillanle porvenir tiene, no solo en la medicina, sino en toda ia esfera de la actividad humana.

Mayo de 1887.

ESTEBAN TIRADO.



